

⑬ 鉄道車両の曲線通過性能向上に関する研究

－車輪とレールの接触特性改善のアプローチ－

交通システム研究領域

※足立 雅和

佐藤 安弘

松本 陽 (名誉研究員)

1. はじめに

鉄道車両が曲線上を安全かつ円滑に走行する目的で設定されるスラック (レール間隔の拡幅) は、機関車などの固定軸距が長い車両が曲線を安全走行することがもともとの目的であったが、近年は台車構造が変化し、本来の目的が失われたことおよび軌道保守の観点から、縮小される傾向にある¹⁾。しかし、スラックの縮小は、曲線における操舵に必要な「左右車輪間の回転半径差」を減少させるので、曲線通過性能の低下につながり、さらには、すべり増大によりレール波状摩耗などの異常摩耗を誘発するおそれがある。そこで、これまで、スラック量の大小が曲線通過性能に与える影響について検討し、スラック量拡大により、急曲線通過時における車輪～レール間の横圧を低下させて安全性を向上させ、車輪～レール間のすべりをなくしてレール波状摩耗を防止し保守性を向上することができる可能性について検討してきた。今回は、営業線で使用されている地下鉄用車輪踏面を対象に、数値解析及び実台車を用いた台上試験によりその検証を行った²⁾。その結果、スラック量拡大により横圧の低減などに効果があることが検証できたので報告する。

2. 車輪とレールの接触特性解析

2. 1. 接触特性解析条件

接触特性評価システム³⁾を用いて、輪軸左右変位に対する左右車輪径差などの接触特性値を算出した。車輪踏面形状は図1に示す、急曲線路線に使用されている地下鉄用円弧踏面、レールは50kgNレールを対象とし、軌道間隔は1435mmとした。

2. 2. 接触特性解析結果

輪軸左右変位に対する左右車輪径差の関係を図2に示す。スラック拡大につれて、左右車輪の移動範囲が増えて、獲得できる輪径差が大きくなることが認められる。さらに、図2において、車輪半径差が急激に変化する位置が車輪とレールのフランジ接触位置に

なるが、その場合のスラックと左右車輪半径差の関係を図3に示す。スラック拡大により、フランジ接触時の左右車輪の輪径差は大きくなる。これにより、縦方向のすべりを生じずに通過できる最小曲線半径 (純粹転がり半径) は小さくなり、急曲線を通過しやすくなる。図4に、スラック量と純粹転がり半径の関係を示す。図では、どの程度の急曲線まで縦方向のすべりを生じずに曲線通過できるかを示しており、スラック拡大により、急曲線まですべりを生じないで通過できることが認められる。

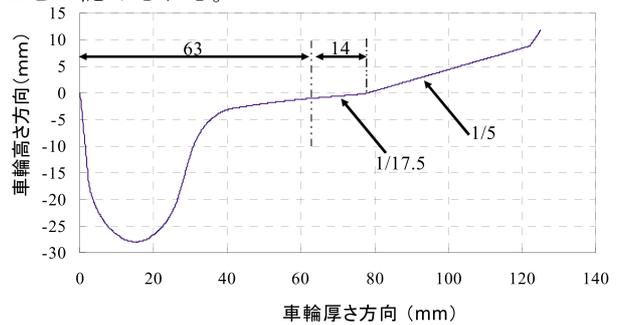


図1 地下鉄用円弧踏面

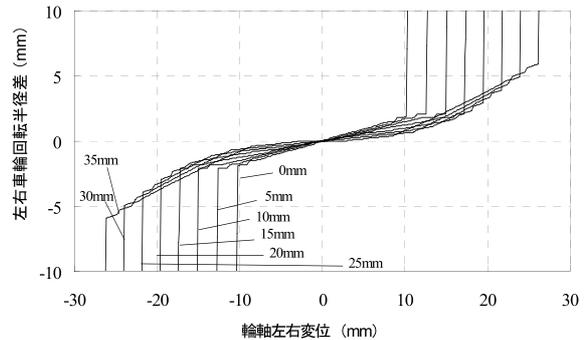


図2 輪軸左右変位と左右車輪半径差の関係

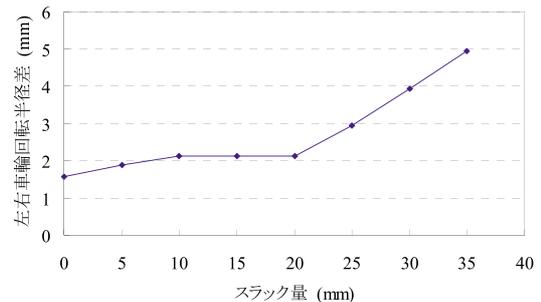


図3 スラック量と左右車輪半径差の関係

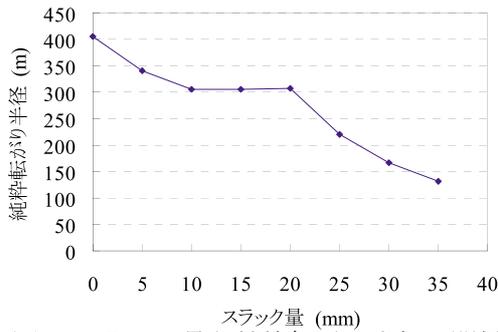


図4 スラック量と純粋転がり半径の関係

3. 車両運動解析

3. 1. 車両運動解析条件

車輪とレールの接触特性解析結果を用いて、鉄道車両の曲線走行解析を行った。曲線通過時の最も重要なパラメータである、円曲線中における先頭軸外軌側横圧を、1車両モデルを用いたシミュレーションにより求めた(走行速度:30km/h、円曲線でのカント:0mm、曲線半径:100~600m)。

3. 2. 車両運動解析結果

解析結果より得られた先頭軸外軌側横圧と曲線半径の関係を図5に示す。スラックは0~35mmの間で5mm毎に変化させて解析を行った。図より、スラックが大きくなると、横圧が顕著に低下することが認められる。これにより、曲線通過時の横圧を低減させるためには、スラックを増加させて、内外軌間の輪径差を獲得することが有効であると考えられる。

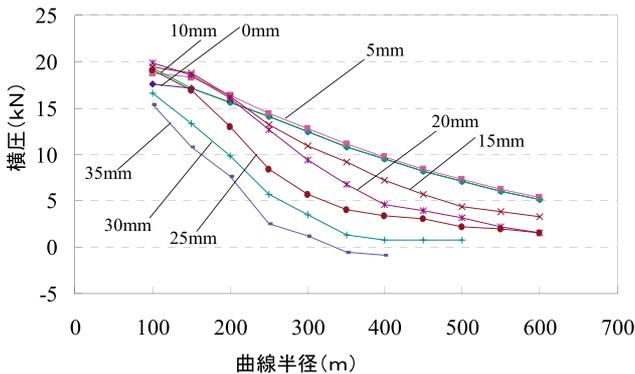


図5 曲線半径と横圧の関係 (解析結果)

4. 実台車による台上試験結果

4. 1. 台上試験の概要

交通研所有の台車台上試験機を用いて、スラック量が横圧値に与える影響を調べた。本試験機に使用した台車は、ボルスタレス台車であり、車輪とレールは解析に使用したものと同形式のものである。

4. 2. 台上試験結果

曲線通過試験時の先頭軸外軌側横圧の測定結果を図6に示す。図より、スラックが30mm、35mmにおいては、曲線半径の増加に伴う横圧の低下が、他のスラックに比べて顕著である。これは、スラックの増加に伴う輪径差の増加量が25mmを超えると大きくなるからであり、曲線走行時の横圧低減に内外軌間の輪径差獲得が有効であることが示された。また、試験結果と解析結果を比較すると、スラック拡大が一定値以上になると横圧が低下していくという同様の傾向が認められる。

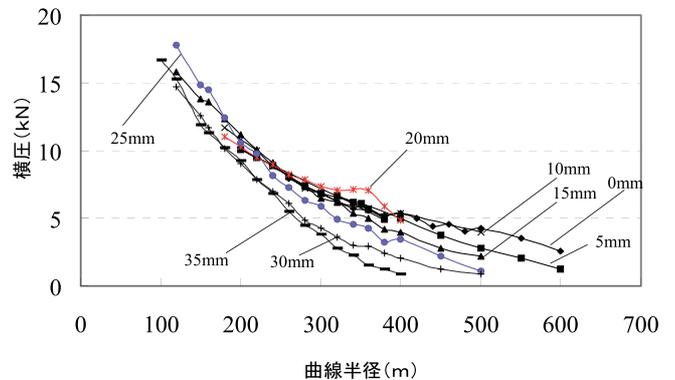


図6 曲線半径と横圧の関係 (試験結果)

5. 結論

スラック増加につれて内外軌の輪径差が増加し、より小さな曲線半径まで純粋転がりでも通過できるようになり急曲線通過性能は向上する。この傾向は、スラックを特に大きくすると顕著になる。また、解析結果および試験結果から、曲線通過時の横圧を低減するためには、スラックの増加による内外軌間の輪径差獲得が有効であることが検証された。

6. 参考文献

- 「解説・鉄道に関する技術基準(土木編)第2版」, 土木関係技術基準調査研究会(国土交通省監修)(2007), pp115-127
- Adachi, M., and Matsumoto, A: Improvement of Running Performance of Railway Vehicles by Gauge Widening, *Traction of the Japan Society of Mechanical Engineers*, Series C, Vol.75, No.752, pp927~934, 2009.
- Adachi, M. et. al: *RTRI Report*, Vol.20, No.6, pp17~22, 2006.6